

TÍTULO: CALIBRAÇÃO DE UM SENSOR DE UMIDADE DE JARDIM PARA APLICAÇÃO EM IRRIGAÇÃO PARA AGRICULTURA FAMILIAR

E. F. Coelho¹; R. O. R. Cruz²; L. B. dos Santos³; L. A. Queiroz⁴; R.A. Boa Sorte⁵; B. R. Oliveira⁶

RESUMO: O manejo da irrigação na agricultura familiar tem como uma barreira o custo dos sensores de água do solo disponíveis no mercado. Os equipamentos convencionais como o tensiometro, um dos mais simples do mercado apresentam custo que não permite o produtor usá-lo de forma obter informações representativas da área cultivada. O mercado tem disponibilizado sensores de umidade de baixo custo, que usam números como indicadores da umidade acessíveis em termos de preços a pequenos agricultores. O trabalho objetiva apresentar a calibração de um indicador de umidade do solo de baixo custo para três tipos de solo, de modo a quantificar a faixa de umidade equivalente aos números indicadores, permitindo melhor uso dos mesmos. Amostras não deformadas de três diferentes solos (arenoso, textura média e argilosa), em colunas de PVC, foram coletadas em áreas de agricultura familiar, saturadas e colocadas para secagem ao ar durante 50 dias, com leituras diárias com uso de um indicador de umidade de duas hastes, inserido em cada tipo de solo seguidas de pesagem em balança de precisão. Determinou-se a umidade gravimétrica em base massa e volume e esses dados associados aos números indicadores do equipamento permitiram obter as curvas de calibração do equipamento para os três tipos de solo. O equipamento pode ser usado para os três tipos de solo para inferir a umidade quantitativa do mesmo e permitir com isso um manejo de irrigação mais adequado. O equipamento mostrou melhores estimativas da umidade a partir de um modelo polinomial cubico para o solo de textura arenosa (Franco Arenoso).

PALAVRAS-CHAVE: momento de irrigar, sensor de água no solo, agricultura familiar.

TITLE: CALIBRATION OF A GARDENING SOIL WATER SENSOR FOR APPLICATION IN IRRIGATION FOR SMALL FARM AGRICULTURE

ABSTRAC: Irrigation schedule for small farm has as a constraint the cost of soil water content sensors that are available in the market. The conventional equipments like tensiometer, that is simple and easy for using shows cost not accessible to small farmers for obtaining a representative tension for the cultivated area. The market has made available low cost soil water content sensors which use numbers for reading soil water content status and are acessible to small farmers. The work aims to present a calibration of a low cost soil moisture meter for three soil types in order to quantify ranges of soil water content correspondent to numbers in the diplay of the equipment allowing better use of these sensors. PVC columns of undisturbed

¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁴ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: lainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com

samples of sandy, medium texture and clay soils were collected in a small farm area. Samples were saturated and air dried during 50 days when readings of equipment and of soil weight in an accurate scale were taken. Calibration curves were obtained from data of volume basis soil water content and the numbers released by the equipment for the three soils. The equipment may be used for these soils to estimate quantitative soil water content and a better use of it for irrigation schedule. The equipment showed better estimates based on a cubic polynomial model for sandy soil.

KEY WORDS: time for irrigation, soil water sensors, small farm agriculture.

INTRODUÇÃO

Nos projetos de irrigação públicos onde predomina pequenos produtores, que trabalham em condições de agricultura familiar, o consumo de água não obedece critérios técnicos devido, entre outras causas, a falta de orientação pela carência de extensionistas e devido a não percepção da necessidade de conservação dos recursos hídricos. O uso atual da água na agricultura nesses projetos em situações de irrigação de agricultores familiares fora desses projetos consiste em os irrigantes estipularem seus tempos de irrigação com base em experiências próprias sem avaliar indicadores do solo, da planta ou do clima. Os produtores induzidos a priorizarem a produção se esforçam para manter os plantios com elevados níveis de água, independente da cultura ou do tipo de solo. No caso da agricultura familiar, onde as condições financeiras dos agricultores são limitantes para compra de equipamentos de avaliação do solo, da planta e do clima, há necessidade de alternativas de manejo de água de irrigação. A simples avaliação da necessidade de irrigação pela umidade do solo já é um passo importantíssimo no manejo da água de irrigação por prover ao produtor o controle do momento da irrigação, o que,

¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁴ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: lainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com

se o produtor exagerar na aplicação de água, pela avaliação da umidade poderá perceber que está aplicando de forma correta, a menos ou de forma exagerada.

Para isso algumas alternativas de baixo preço são disponíveis aos produtores tais como o irrigas (MAROUELLI & CALBO, 2009), uso de um instrumento que usa a facilidade de penetração no solo (COELHO et al., 2013). Recentemente, um equipamento importado da China que avalia a umidade do solo e o pH tem sido vendido a preços baixos comparados aos equipamentos tradicionais como tensiômetros e watermark. Esse equipamento vem sendo usado pelos produtores sem qualquer certificação técnica, isto é, o produtor compra o equipamento apenas sabendo que estima qualitativamente a umidade pela faixas de cores e números qu apresenta no mostrador. Sendo um equipamento de baixo custo, de resposta rápida e fácil de verificar a leitura, é importante que os produtores conheçam o equipamento quanto ao fim que se destina que é estimar a umidade do solo. O trabalho objetiva apresentar a calibração de um indicador de umidade do solo de baixo custo para três tipos de solo, de modo a quantificar a faixa de umidade equivalente aos números indicadores, permitindo melhor uso dos mesmos.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado no laboratório de irrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia. Cinco materiais de solo foram usados na avaliação do equipamento, envolvendo basicamente a textura arenosa, textura média e textura argilosa (Tabela 1).

Tabela 1. Propriedades físicas dos materiais de solo usados na avaliação.

Solo	Areia total g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Argila g kg ⁻¹	Classificação textural	densidade kg dm ⁻³
------	--------------------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------	----------------------------------

¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁴ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: lainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com

1	858	72	70	Areia franca	1,77
2	510	238	252	Franco argilo arenoso	1,29
3	196	392	412	Argila	1,83

Amostras não deformadas dos quatro materiais de solo foram coletadas em campo dentro de colunas de PVC de 0,20 m sendo em seguida preparadas colocando-se duas telas finas de nylon na parte de baixo e foram colocadas para saturação durante 48 horas. O equipamento que foi calibrado é de procedência chinesa e não especifica tecnicamente de que se trata em termos de princípio de funcionamento e tem um visor analógico com uma escala de 0 a 10, onde de 0-3 corresponde a uma faixa vermelha, de 4 a 7 a uma faixa verde e de 8 a 10 a uma faixa azul. Além da umidade do solo ele avalia também a luminosidade incidente e o pH do solo. Em cada uma das colunas de solo foi inserido o equipamento de forma que o mesmo ficou fixado no solo desde a saturação até o estado de menor umidade avaliado. Após a saturação das colunas de solo, elas foram dispostas numa bandeja com um fundo que permitiu a drenagem da água do solo. Inicialmente foram feitas leituras no equipamento em uma frequência de 30 minutos, frequência que foi reduzida na medida em que os valores reduziram a taxa de variação, chegando a 24 horas quando a umidade do solo atingiu os mais baixos valores, sem variação com o tempo. A cada leitura com o equipamento o conjunto coluna de solo com o equipamento inserido era pesado em uma balança de precisão. Quando a umidade do solo das colunas atingiu valores constantes, sem variação com o tempo, as colunas foram levadas à estufa a 105 °C até atingirem massa constante. As umidades em base volumétrica (Θ) foram determinadas paralelamente a cada leitura do equipamento de TDR, pela equação (1):

¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁴ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: lainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com

$$\theta = \frac{PU-PS}{V} \quad (1)$$

em que:

PU = massa do solo úmido + PA (g);

PS = massa do solo seco em estufa + PA (g);

PA = massa da coluna de PVC + peso do equipamento + duas telas de náilon (g) e fita adesiva;

V = volume do solo (cm³)

A avaliação dos modelos foi pela raiz quadrada da média do quadrado dos erros (RMSE), pelo media dos erros normalizados (MEN) e pela eficiência do modelo (EF) conforme Nash & Suttcliffe (1970) e Willmott (19982).

Os dados de umidade juntamente com os dados lidos no mostrador do equipamento permitiu gerar as curvas de calibração do equipamento para os quatro materiais de solo. Diferentes modelos foram ajustados aos dados com uso do aplicativo Table Curve 2D, sendo que optou-se pelo modelo polinomial cúbico pela simplicidade e por já ser um modelo usado em calibração de equipamentos de umidade do solo como os reflectômetros tipo TDR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calibração dos três solos mostrou que a pelo menos 87,19% da variação de umidade se deveu a variação dos valores indicadores do mostrador do aparelho, no caso do solo argiloso que foi o de menor coeficiente de determinação. O solo arenoso (Areia Franca) foi o que resultou em melhor ajuste do modelo polinomial de grau 3 aos dados, seguido pelo solo de textura média (Franco Argilo Arenoso). A calibração mostra que o aparelho pode ser usado de forma qualitativa, isto é, por verificação apenas nas cores da escala de leitura, como também de forma quantitativa, isto é pelos números da escala de leituras. Nesse caso é necessária a curva de retenção de umidade do solo de onde se

¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

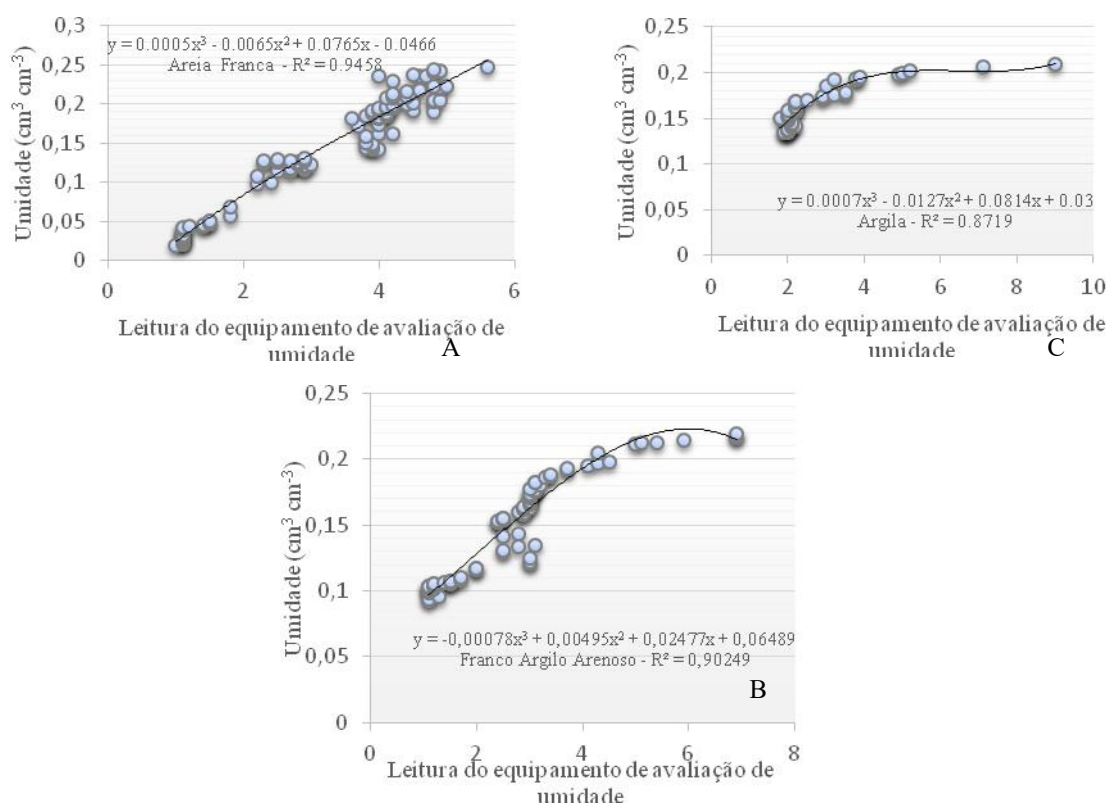
⁴ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: lainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com

obtem a umidade equivalente ao limite superior e inferior da água disponível do solo, bem como a umidade crítica para determinada cultura e com as umidades, pela curva de calibração se obtém os números da escala correspondentes a esses pontos permitindo assim calcular a lamina de água a ser reposta a cultura com uso desse equipamento.

A avaliação dos modelos de calibração, todos sendo polinomial de grau 3 indicou (Tabela 2) que o modelo polinomial de terceiro grau teve um desempenho considerado satisfatório podendo ser recomendado para a calibração desse equipamento. A eficiência do modelo (EF) seguiu os coeficientes de determinação, crescentes ou decrescentes na mesma ordem, indicando maior eficiência para a Areia Franca seguida do Franco Argilo Arenoso e pela Argila. A MEN indica em geral que todos os modelos superestimam os valores observados e o menor valor foi obtido para o solo argiloso contrastando com RMSE que foi maior para esse solo. Assim, o melhor desempenho do modelo cubico foi para o solo arenoso e para o Franco Argilo Arenoso.



¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁴ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: jainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com

Figura 1. Curvas de calibração dos três materiais de solo (A) Areia franca, (B) Franco Argilo Arenoso e (C) Argila.

Tabela 2. Indicadores de desempenho do modelo polinomial cubico para a calibração do avaliador de umidade.

Tipo de solo	R2	MEN	RMSE	EF
Areia Franca	0.9457	1.69413	0.00156	0.9425
Argila	0.8719	0.18972	0.007756	0.8716
Franco Argilo Arenoso	0.9025	0.67016	0.001329	0.8795

A calibração do equipamento ficou dentro do mesmo padrão da calibração de equipamentos sofisticados como a TDR (VAZ et al., 2004, TOMMASELLI, 2001).

CONCLUSÕES

O modelo polinomial cubico pode ser recomendado para calibração do equipamento avaliador da umidade do solo;

O equipamento apresentou curva de calibração com bons indicadores de eficiência do modelo polinomial cubico para os três solos avaliados (arenoso, franco argilo arenos e argiloso).

REFERENCIAS

¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁴ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: lainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com

CALBO, A.I G.; SILVA, W. L. C. Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos -- Brasília : Embrapa Hortaliças, 2005MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2009

COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M. da; SANTANA JUNIOR, E. B.; PARIZOTTO, I. Método simplificado de determinação da umidade do solo para uso em manejo de irrigação em agricultura familiar. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 155).

NASH, J.E. & SUTCLIFFE, J.V. River flow forecasting through conceptual models Part I - A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, 10:282-290, 1970.

TOMMASELLI, J. T. G.; BACCHI, O. O. S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 36, n. 9, Set. 2001.

WILLMOTT, C.J. Some comments on the evaluation model performance. **Bulletim American Meteorological Society**, vol. 63, n.11, 1982.

VAZ, C. M. P.; MATSURA, E .E.; TORRADO, P. V.;BACCHI, O. O. S. Validação de 3 Equipamentos de TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) para a Medida da Umidade de Solos. Concórdia: EMBRAPA-CNPDIA, 2004. 4p (EMBRAPACNPDIA. Comunicado Técnico, 61).

¹ Eng. Agr., pesquisador Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, email: eugenio.coelho@embrapa.br;

² Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, Caixa Postal 007, CEP 44380-000 Cruz das Almas, BA email: ruan.oliveira.rocha@gmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁴ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: lainadandrad@hotmail.com

⁵ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

⁶ Estudante de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, email: benedito.ta@hotmail.com